...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

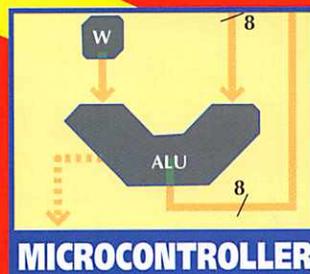
6,90 €

24

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41024

Peruzzo & C.

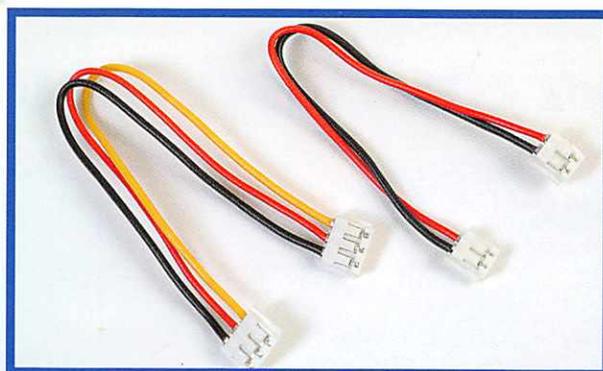
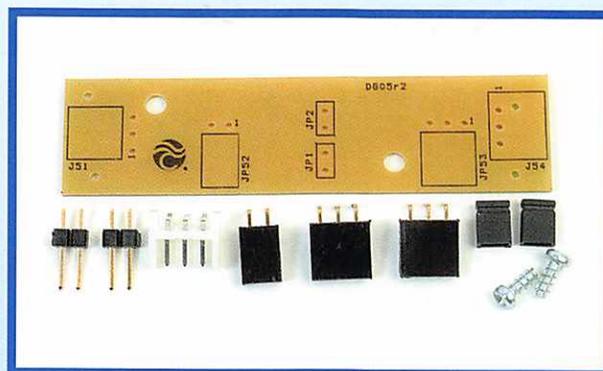
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Cavetto a due fili con due connettori femmina a due vie
1 Cavetto a tre fili con due connettori femmina a tre vie

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Scheda DG05r2
1 Connettore femmina da c.s. a 90° a due vie
2 Connettori femmina da c.s. a 90° a tre vie
2 Connettori maschio da c.s. diritto a due vie
2 Ponticelli isolati
1 Connettore maschio da c.s. a 90° a tre vie
2 Viti

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede. **Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:** elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Cablaggio dell'alimentazione

Cavetti forniti con questo fascicolo.

Si toglie la scheda DG09 per poter saldare due fili.

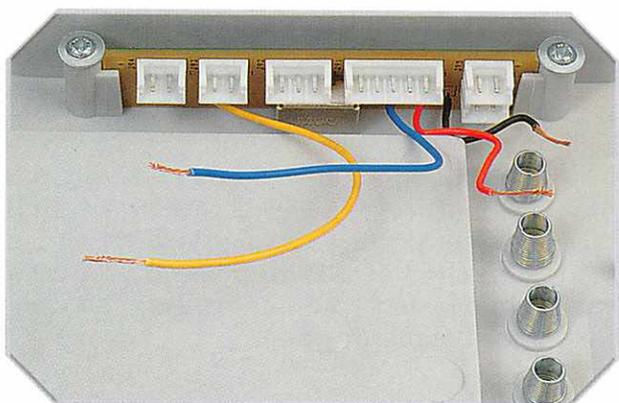
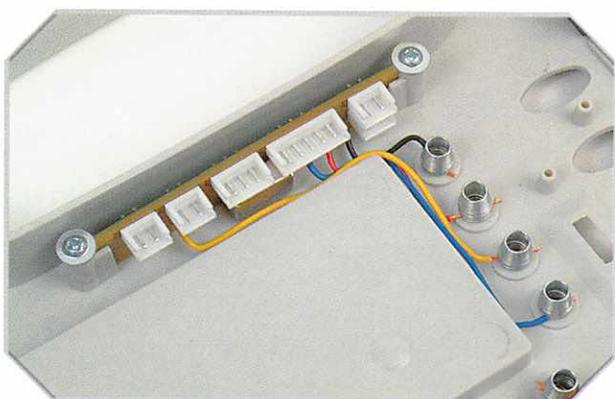
Con questo fascicolo vengono forniti tutti i cavetti di collegamento, terminati su connettori, uno di essi è a due fili e l'altro a tre.

Si completa il collegamento tra la scheda di distribuzione dell'alimentazione DG09 e le quattro molle di alimentazione. Disponiamo già in modo definitivo della tensione di alimentazione sui terminali delle molle siglate come 0 V e 5 V che, essendo vicine alla scheda Bread Board, facilitano il collegamento diretto alla stessa con un pezzo di filo, a cui è stata precedentemente asportata la copertura isolante ai suoi capi.

Cavetti

Il cavetto terminato su connettori a due vie si utilizza per portare l'alimentazione a 5 V dalla scheda DG09 fino alla scheda DG12 che alimenta la matrice a 16 LED. Il cavetto a tre fili si utilizza per portare l'alimentazione da 5 e 9 V dalla scheda DG09 fino alla DG05; quest'ultima, che vedremo nei prossimi fascicoli, trasferisce l'alimentazione.

Alimentazione a DG12 e collegamento della batteria.

Scheda DG09 con i suoi quattro fili saldati.

Scheda DG09 montata in modo definitivo.

Molle di alimentazione collegate.

Molle di alimentazione

Se osserviamo l'interno del pannello frontale del laboratorio, possiamo verificare rapidamente che le molle identificate come 9 V e V non hanno collegamenti. Queste molle devono essere collegate alla scheda DG09, collegamenti 9 e V rispettivamente.

Per realizzare questo cablaggio è necessario estrarre la scheda DG09 dal suo alloggiamento, e a questo scopo dobbiamo togliere le due viti che la fissano, ed è conveniente anche estrarre dalle molle il filo rosso e quello nero.

Abbiamo bisogno di un pezzo di cavo giallo da 9 cm di lunghezza e di un altro azzurro da 8 cm di lunghezza, asportando 5 mm di copertura isolante da un estremo del filo e circa 10 mm dall'altro.

L'estremo del filo giallo da cui è stato tolto meno isolante verrà saldato al terminale 9 della scheda, mentre quello azzurro si salda al terminale V della stessa.

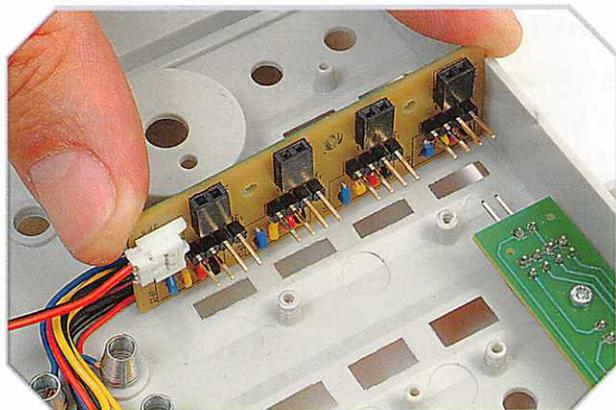
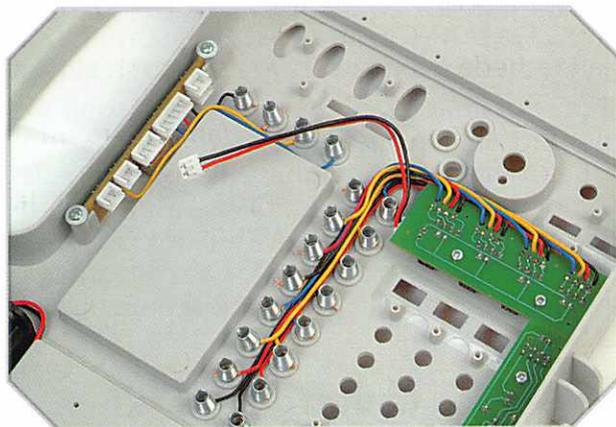
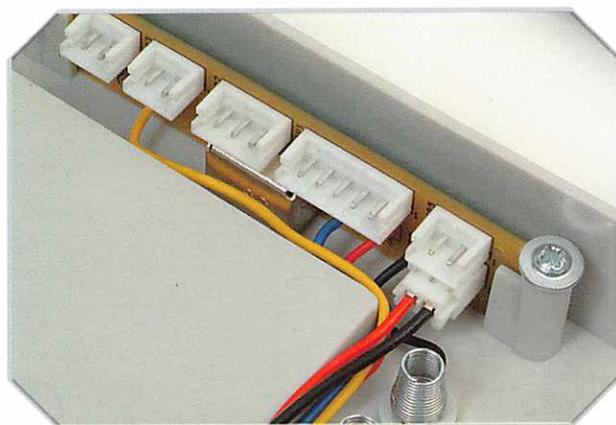
La scheda deve essere nuovamente montata nel suo alloggiamento, inserendo le due viti e chiudendole con cautela per fissare la scheda, ma senza forzare per non danneggiare gli alloggiamenti.

Ora si possono collegare i fili alle 4 molle con il seguente ordine: nero alla molla 0 V, rosso a 5 V, giallo a 9 V e azzurro a V. Ogni filo si inserisce facendo una leggera pressione laterale sulla molla corrispondente in modo che apra le sue spire e permetta l'inserimento dell'estremo del filo.

Alimentazione di DG12

La scheda DG12 ha un connettore di alimentazione il cui riferimento è JP5, in questo connettore deve essere collegato e rimanere fissato in modo sicuro uno dei connettori del cavetto a due fili fornito con questo fascicolo.

Questo connettore, con la scheda DG12 già montata, ha un accesso piuttosto complicato, d'altra parte, per migliorare la situazione, sarebbe necessario scollegare le 16 molle che fanno riferimento a questa scheda.

Questo problema si può risolvere in due modi, il più complesso, anche se possibile, è cercare di collegare il connettore senza smontare la scheda.

Scheda DG12
con il cavetto dell'alimentazione collegato.

Scheda DG12 collocata nuovamente al suo posto.

La scheda DG12 riceve l'alimentazione da 5 V tramite il connettore J96 di DG09.

La seconda soluzione consiste nel togliere le due viti che fissano la scheda DG11 e le due che fissano la scheda DG12, ruotando l'insieme in modo che i fili si muovano appena, questo permetterà di vedere il connettore e accedere più facilmente a esso per inserire il corrispondente connettore del cavetto.

Di seguito verranno ricollocate le schede DG11 e DG12 al loro posto e si stringeranno le quattro viti che le fissano, facendo in modo che i connettori rimangano centrati, come spiegato nei fascicoli precedenti.

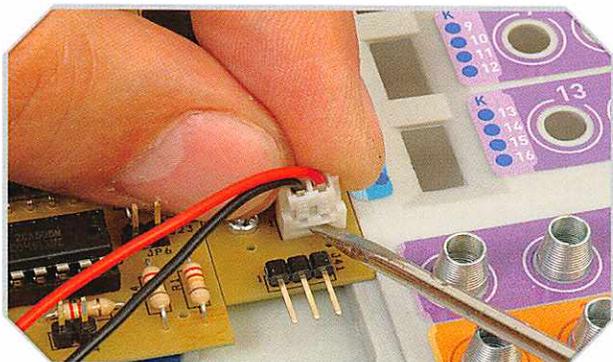
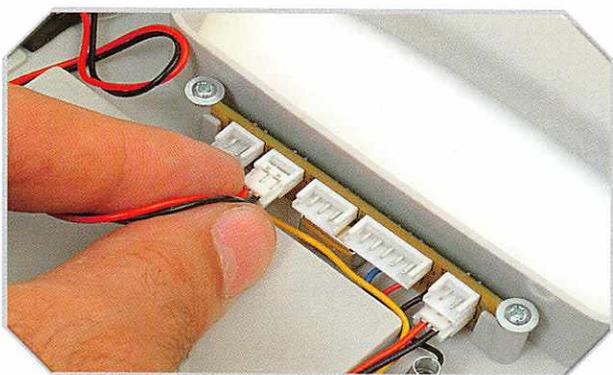
Connettore J96

Il cavetto collegato alla scheda DG12 ha un filo rosso e un altro nero e si utilizza per prendere l'alimentazione, 0 V e 5 V, del connettore J96 della scheda di distribuzione dell'alimentazione DG09. Il connettore del cavetto si inserisce a pressione e deve rimanere perfettamente fissato.

Scollegamento del portabatterie

All'interno della zona 1 si trova un portabatterie che fino a questo momento era collegato al connettore ausiliario di alimentazione della scheda DG04. È necessario scollegarlo, però non si deve agire direttamente con la mano; occorre utilizzare la punta di un cacciavite a taglio, abbastanza piccolo da poter essere inserito in entrambi i connettori e ruotato per vincere la forza degli agganci laterali e scollegare il connettore. Successivamente lo si infila nel foro verso l'interno del laboratorio; di solito è necessario togliere il portabatterie per far passare questo connettore.

Collegamenti del portabatterie

Dopo aver scollegato il collegamento provvisorio del portabatterie, chiudiamo nuovamente le viti del portabatterie e possiamo eseguire il collegamento definitivo. Il connettore del portabatterie si collega su J93 della scheda DG09. Bisogna evitare di confondersi, il portabatterie che si collega a J93 deve essere quello posizionato nella parte inferiore della ZONA 1.

È necessario staccare, utilizzando un cacciavite, il collegamento provvisorio del portabatterie di DG04.

Il portabatterie si collega a J93 di DG09.

Alimentazione da 4,5 V

Al termine di questi lavori e con le pile caricate in modo adeguato e montate nel portabatterie situato sotto la zona 1, disponiamo sulle molle siglate come 5 V dell'alimentazione delle pile, che sarà esattamente 5 V quando avremo a disposizione un alimentatore. Per far giungere l'alimentazione su queste molle è necessario che il commutatore del pannello principale sia in posizione BAT.

Prova

Questa tensione si può verificare mediante un multimetro, ma anche in un altro modo, meno esatto ma più semplice, utilizzando alcuni LED della matrice. L'alimentazione arriva già a questa matrice ed è sufficiente collegare simultaneamente l'anodo e il catodo utilizzando i ponticelli e tenendo presente che le resistenze di limitazione della corrente sono già montate sulla scheda DG11.

È sufficiente posizionare il comando del commutatore su BAT e utilizzare due ponticelli, collegando uno su A1 e l'altro su K1, in modo da illuminare il LED 1, e se colleghiamo altri due ponticelli su A2 e K2 si illuminerà il LED 2, e così via.

Cavetto a tre fili

L'altro cavetto, quello terminato su due connettori da tre fili, si utilizzerà nella prova del prossimo fascicolo, per ora lo dobbiamo conservare.

Per fare in modo che l'alimentazione passi dalle batterie alle molle, il comando del commutatore deve essere sulla posizione BAT.

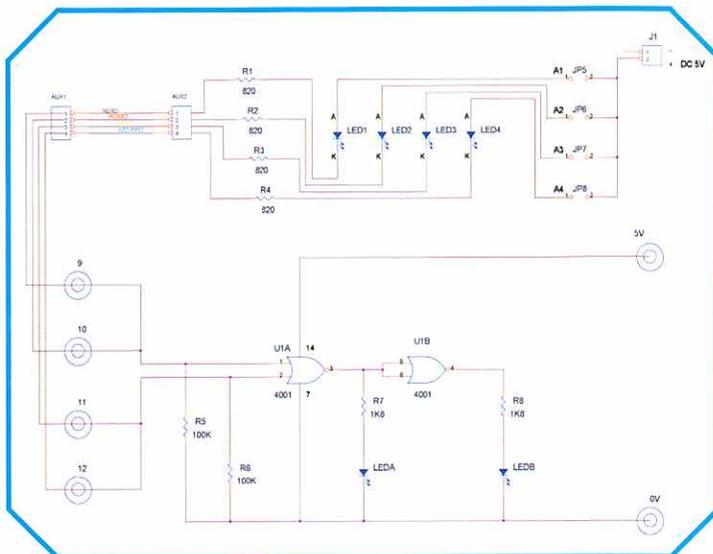
Porte NOR e OR con diodi

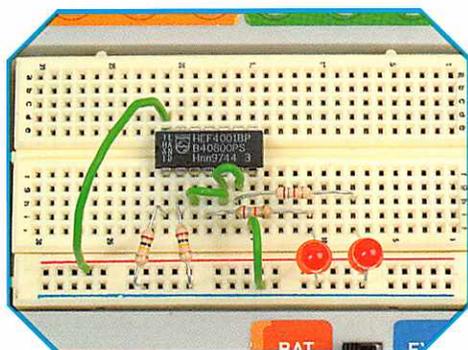
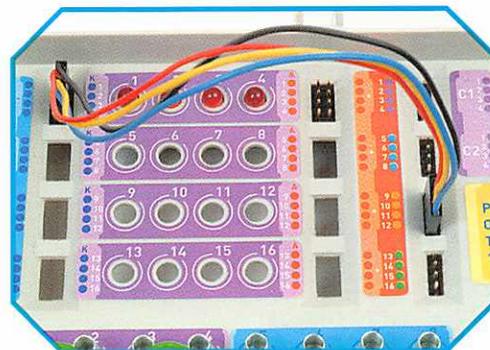
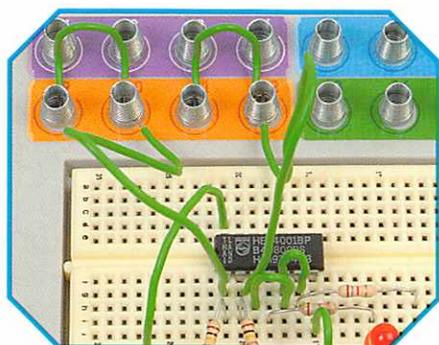
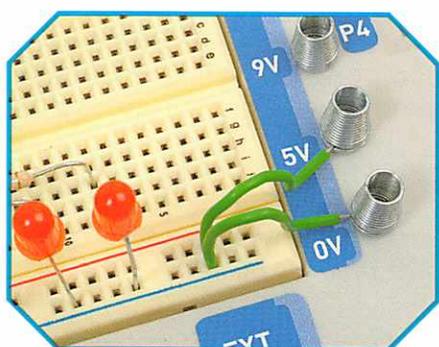
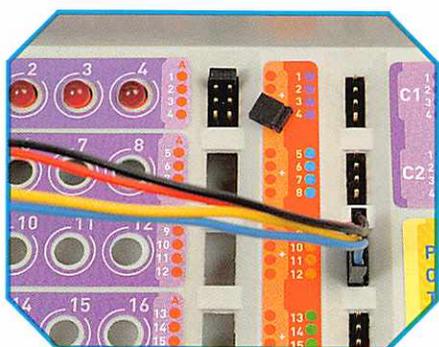
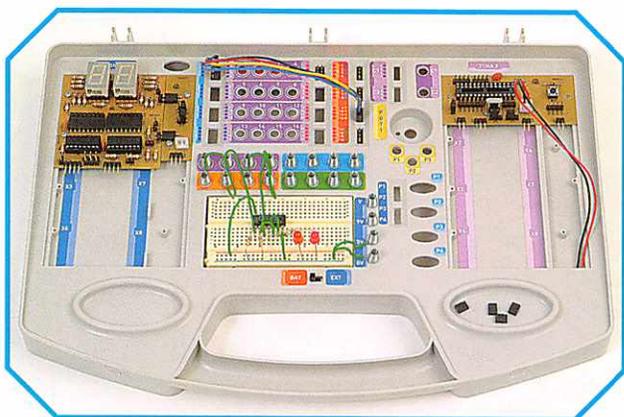
In questo esercizio si ottiene una funzione OR e una NOR a quattro ingressi utilizzando una porta NOR con due soli ingressi e quattro diodi; si utilizza un'altra porta per ottenere la funzione inversa.

Il circuito

Lo schema del circuito risulta piuttosto grande, perché sono rappresentati i componenti del circuito stampato DG11, che si possono vedere raggruppati nella parte superiore dello schema. I diodi LED si utilizzano come semplici diodi e compiono la loro funzione, anche se non si illuminano in quanto non si supera un livello minimo di corrente. I quattro ingressi della porta sono rappresentati dai ponticelli da inserire JP5, JP6, JP7 e JP8. L'uscita della porta NOR è sul terminale 3 del circuito integrato 4001, lo stato di questa uscita si verifica con l'accensione del diodo LED A, il terminale 4 dell'integrato ci fornisce un'uscita invertita, ovvero, la funzione OR, ed è visualizzato dal LED B.

Le resistenze R5 e R6 fanno in modo che gli ingressi della porta U1A rimangano a livello basso quando non ci sono ingressi attivati.

Le resistenze da R1 a R4 corrispondono al circuito stampato DG11 e non sono visibili, le resistenze R7 e R8 limitano la corrente che circola sui diodi LED A e LED B.

Porte NOR e OR a quattro ingressi con diodi.

A	B	C	D	NOR	OR
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	1
0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	0	1
0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1

Scheda Bread Board con i componenti e i cavi interni.

Le connessioni dei catodi si eseguono con un cavetto.

Cablaggio delle molle.

L'alimentazione si prende già dalle molle 0 V e 5 V.

Collegando uno solo dei ponticelli si illumina un LED B.

Con i quattro ponticelli non collegati si illumina il LED A.

Montaggio

Il montaggio è veramente semplice poiché utilizza la scheda DG12, che è già alimentata e, quindi, alimenta la DG11, inoltre i collegamenti dell'alimentazione sono semplificati in quanto si dispone già dell'alimentazione sulle molle 0 V e 5 V. Come al solito, per prima cosa monteremo i componenti sulla scheda Bread Board, che sono il circuito integrato 4001, due LED e le quattro resistenze da R5 a R8. Dopodiché realizzeremo il cablaggio interno su questa scheda e i collegamenti alle molle 9, 10, 11 e 12, poi collegheremo l'alimentazione per la quale sono sufficienti due fili, uno alla molla 0 V per il negativo, e l'altro alla 5 V per il positivo dell'alimentazione. Con un cavetto di collegamento terminato su due connettori a quattro vie si unisce il collegamento dei catodi dei LED da LD1 a LD4 con i collegamenti da 9 a 16 della scheda DG12, che sono internamente collegati alle molle con lo stesso numero.

Prova

La prova del circuito si realizza nel seguente modo: ogni ingresso rimane a livello basso fino a quando non si inserisce un ponticello su JP5, JP6, JP7 o JP8; questi ponticelli sono collegati da un lato all'anodo di ogni LED, e dall'altro direttamente al positivo dell'alimentazione, che la scheda DG11 riceve tramite J1 collegato alla scheda DG12.

Per iniziare la prova è necessario verificare che tutto il lavoro sia stato svolto correttamente, controllando che il circuito integrato sia quello giusto e che sia ben inserito, e facendo attenzione alla polarità dei LED (il terminale più lungo corrisponde all'anodo). Per collegare l'alimentazione al laboratorio, il commutatore deve essere nella posizione BAT; quando non c'è nessun ponticello inserito, tutti gli ingressi sono a zero, l'uscita del circuito (terminale 3 dell'integrato) è 1 e si illumina il LED A, mentre il LED B è spento. Se solamente uno dei ponticelli è collegato, il LED A si spegne e si illumina il LED B, a questo punto possiamo verificare tutte le possibili combinazioni contenute nella tabella.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4001
R5, R6	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R7, R8	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED A,LED B	Diodo LED rosso

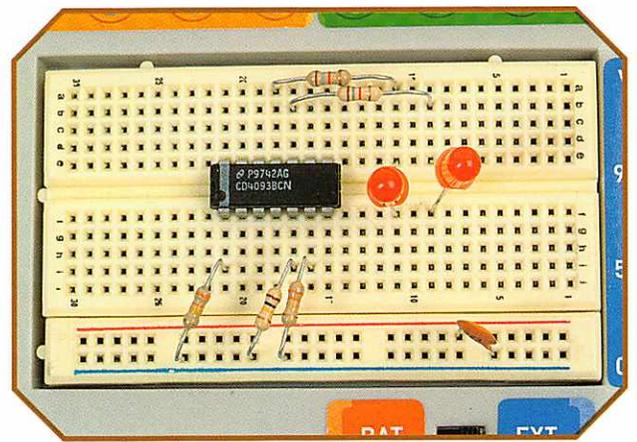
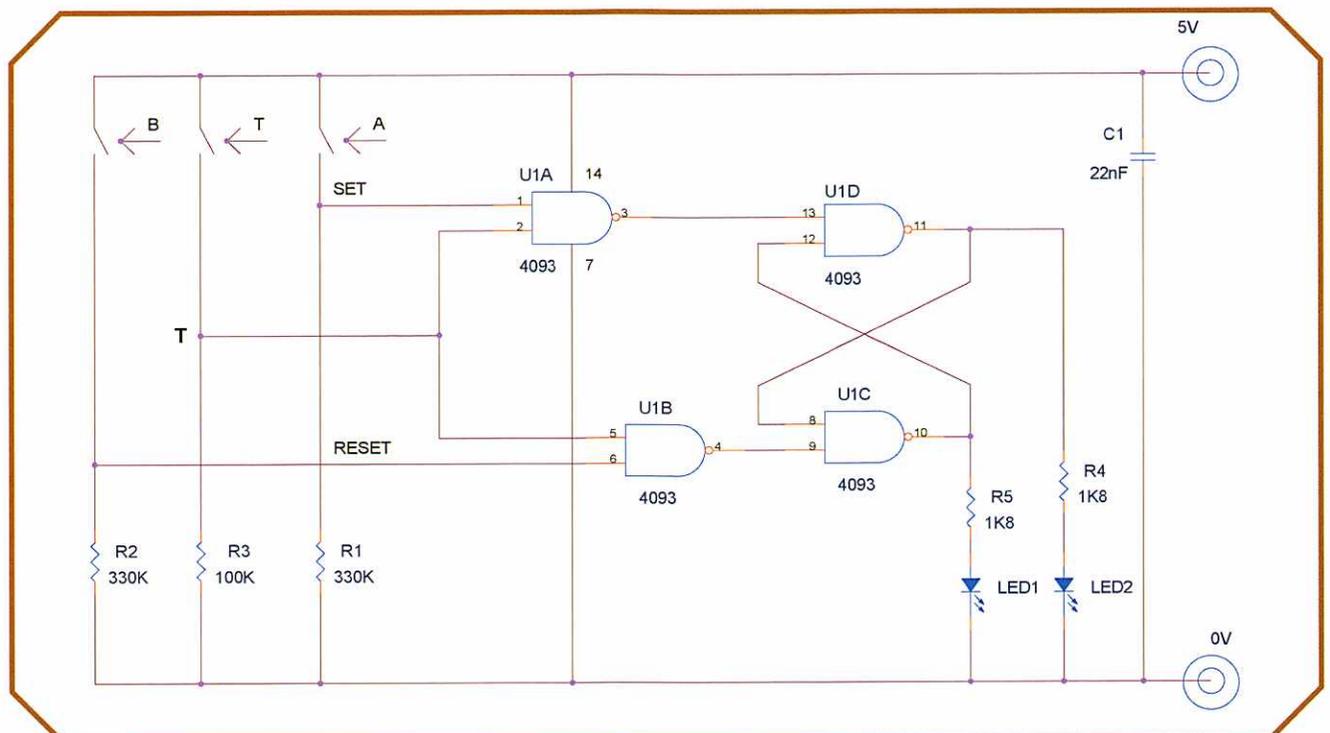
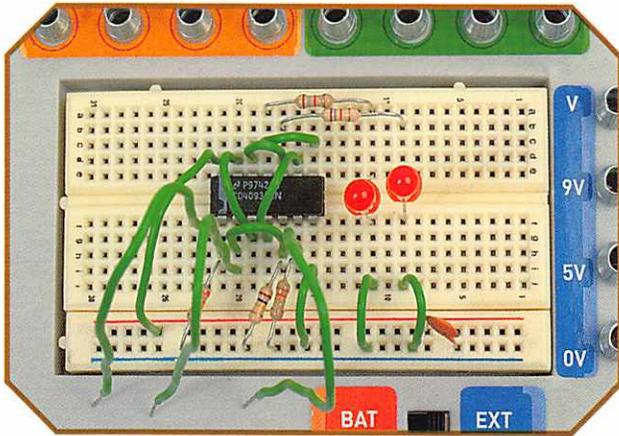
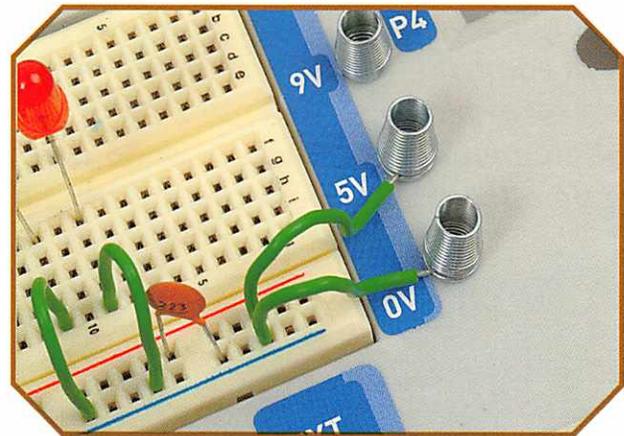
Bistabile RS sincrono

In questo esperimento si utilizza un ingresso di convalida per fare in modo che il dato presente sull'ingresso R, o su quello S, sia considerato solamente al momento opportuno. Ci sono due ingressi di segnale, SET e RESET, e un altro di convalida che indicheremo come T.

Il circuito

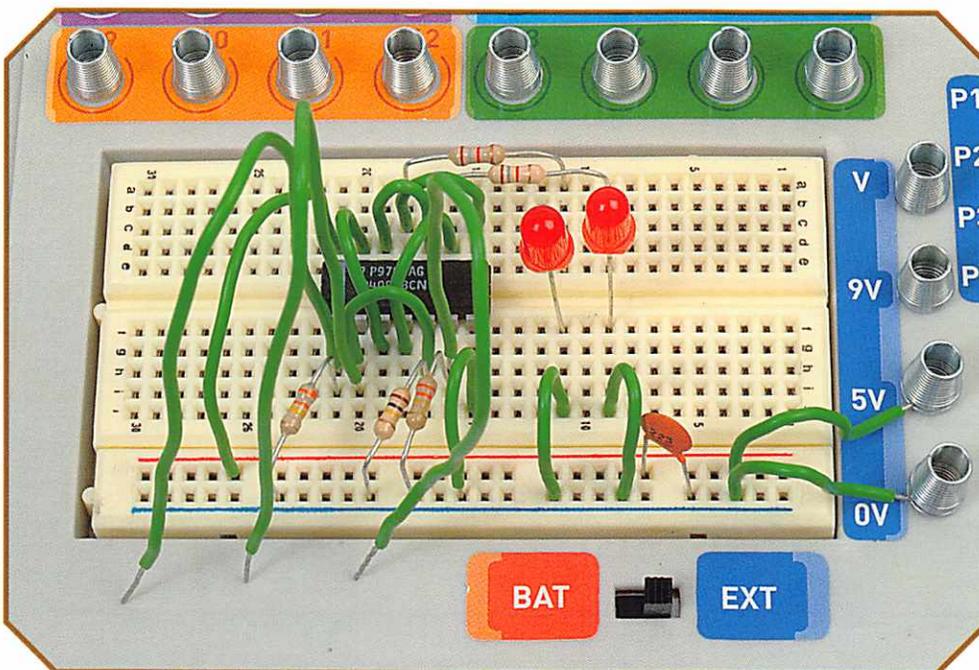
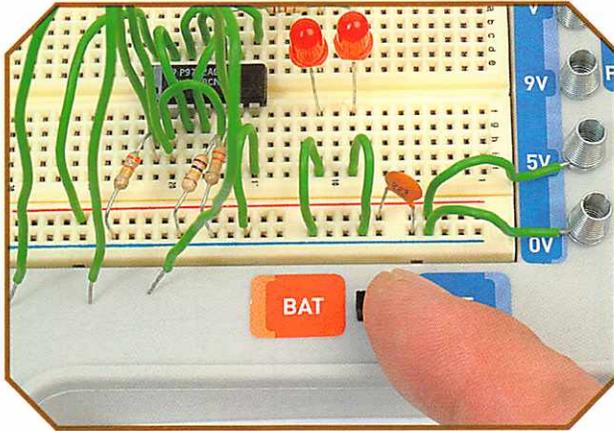
Se osserviamo lo schema vediamo che è composto da un bistabile RS realizzato con due porte NAND, U1D e U1C, con la particolarità che gli ingressi del circuito non sono applicati direttamente a queste porte che formano il bistabile. Tra ogni ingresso del circuito e il bistabile è stata interposta una nuova porta, U1A per l'ingresso di SET, e U1B per quello di RESET.

Il collegamento A si utilizza per il SET, quello B per il RESET e quello T per la convalida.

Lo schema appare più semplice dei prece-

Componenti installati sulla scheda Bread Board.

Bistabile RS sincrono.

Dopo aver montato i componenti si esegue il cablaggio.

Collegamento dell'alimentazione alle molle 0 V e 5 V.

denti, dato che per l'alimentazione sono state rappresentate solamente le due molle 0 V e 5 V. Come possiamo vedere, per la rappresentazione di queste molle si utilizza il simbolo delle due circonferenze concentriche.

Nel circuito viene inserito un elemento nuovo, il condensatore C1, che è collegato direttamente all'alimentazione; si tratta di un tipico condensatore di disaccoppiamento dell'alimentazione. Come regola generale, tutti i circuiti integrati devono avere sull'ingresso, e molto vicino al loro terminale di alimentazione, un condensatore di disaccoppiamento, non solo per filtrare i disturbi dell'alimentazione che arrivano dagli altri circuiti, ma anche per evitare che i disturbi generati dall'integrato stesso si possano propagare agli altri circuiti. In molti casi, nei circuiti di prova alimentati a batterie e con un solo circuito integrato, questo condensatore viene omesso, però la maggior parte delle volte è indispensabile per il corretto funzionamento dei circuiti stessi.

Il LED2 testimonia lo stato dell'uscita del bistabile, terminale 11 dell'integrato, mentre il

Fili per simulare i collegamenti A, B e T.

Commutatore di alimentazione, posizione BAT per alimentare con le batterie.

Bisogna collegare momentaneamente T per convalidare il collegamento realizzato precedentemente su A.

LED1 rappresenta l'uscita invertita; l'accensione dei due LED non può essere contemporanea, soltanto uno dei due può rimanere illuminato.

Montaggio

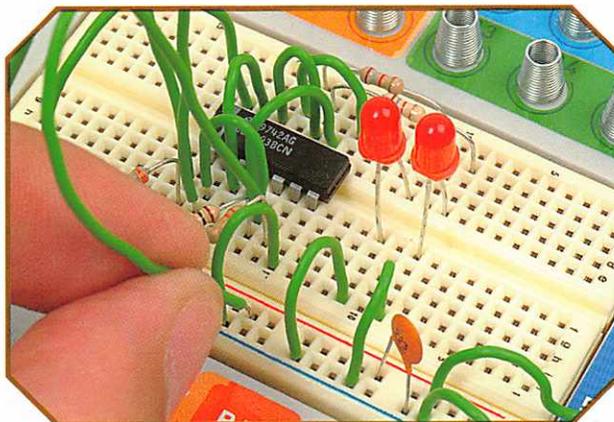
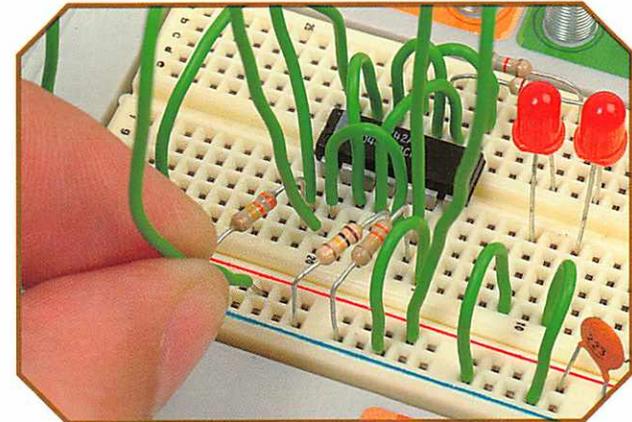
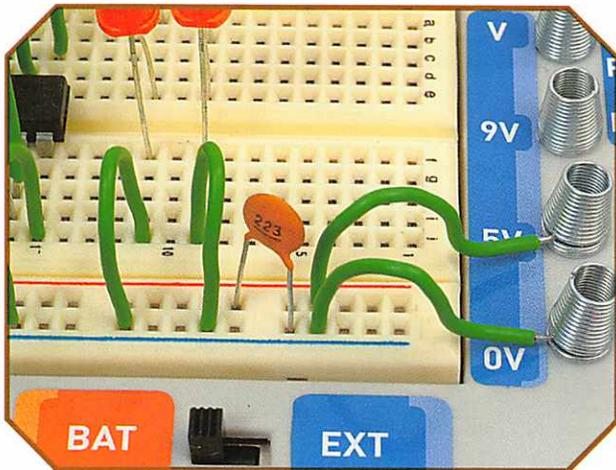
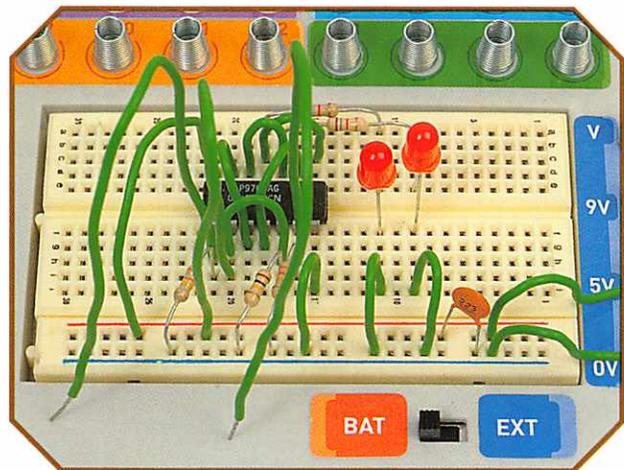
A questo punto il montaggio dell'esperimento deve risultare relativamente facile, così come i collegamenti dell'alimentazione; è sufficiente unire i corrispondenti terminali della scheda Bread Board con i terminali delle molle 0 V e 5 V, posizionati nelle vicinanze, per ottenere i 4,5 volt dell'alimentazione a pile (saranno 5 V quando utilizzeremo l'alimentatore).

I fili che si utilizzano per eseguire i collegamenti A e B rappresentano rispettivamente i collegamenti di SET e RESET del circuito. Il filo collegato a T rappresenta l'ingresso di convalida.

Tutti questi ingressi rimangono a livello basso quando non sono collegati, forzati dalle resistenze di "pull-down" R1, R2 e R3. È sufficiente quindi inserire un circuito integrato 4093 sulla scheda Bread Board, le cinque resistenze indicate e i due LED, facendo attenzione alla polarità degli stessi.

Prova di funzionamento

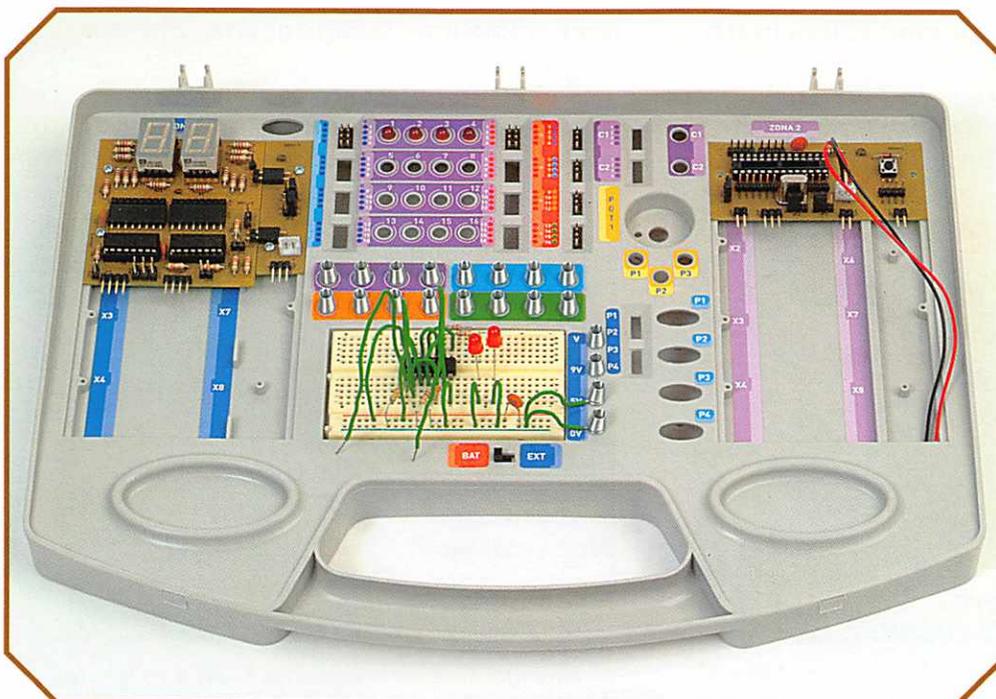
Prima di collegare l'alimentazione bisogna verificare tutto il lavoro svolto, specialmente quei collegamenti dei fili che sono facili da confondere.

Dopo aver verificato se il montaggio è corretto bisogna portare il commutatore sulla posizione BAT per fare in modo che la corren-

Con T scollegato, anche se si collegano A o B, il circuito non deve reagire.

Collegando momentaneamente T con B collegato, il LED cambia.

C1 è un condensatore di disaccoppiamento dell'alimentazione.

Con T collegato in modo permanente il circuito funziona come un bistabile RS asincrono.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
R1, R2	Resistenza 330 K (arancio, arancio, giallo)
R3	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R4, R5	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
LED 1, LED 2	Diodo LED rosso

te di alimentazione passi dalle pile del portabatterie fino ai terminali 0 V e 5 V.

Uno dei due LED si deve illuminare e, se colleghiamo per un attimo A o B, mai entrambi contemporaneamente, lo stato dell'uscita non deve cambiare. Il cambio è possibile solamente se, dopo aver eseguito il collegamento, si attiva T per un attimo come convalida. Per accendere l'altro LED e spegnere quello acceso in questo momento, si cambia il collegamento al positivo passando da A a B, oppure da B ad A; l'uscita cambia solamente quando si collega T per un attimo.

Vista generale del laboratorio con l'esperimento.

Il repertorio delle istruzioni

***È** arrivato il momento di conoscere le istruzioni del microcontroller per iniziare a mettere in pratica tutte le conoscenze acquisite.*
Il corretto utilizzo delle istruzioni formerà complesse strutture di controllo, delle quali il linguaggio assembler non dispone direttamente, permettendoci di sviluppare qualsiasi applicazione. Dato che lavoriamo con un processore RISC, le istruzioni sottostanno a una serie di condizioni.

Caratteristiche generali

– Insieme ridotto: esistono solamente 35 istruzioni nel linguaggio assembler di questa gamma del PIC.
– Semplicità e rapidità: la maggioranza si esegue in un solo ciclo di istruzioni e solamente quelle di salto necessitano di due cicli. Il ciclo di istruzione è formato da quattro periodi del clock principale.
– Ortogonalità: la posizione degli operandi gestiti dalle istruzioni è molto flessibile. Qualsiasi oggetto del processore può diventare sorgente o destinazione.

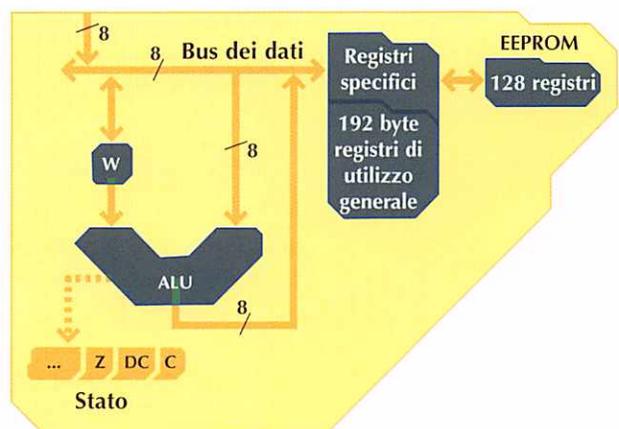
Formato delle istruzioni.

– Formato uniforme delle istruzioni: tutte le istruzioni di questo modello hanno una lunghezza fissa di 14 bit.

È necessario avere una visione chiara della struttura interna del PIC per utilizzare le istruzioni in modo corretto. La ALU o Unità Logico Aritmetica ha il compito di realizzare le operazioni aritmetiche e logiche. Uno dei suoi dati di ingresso arriverà dal registro di lavoro W, che non appartiene alla memoria dei dati, e l'altro può essere un valore letterale fornito come parametro con l'istruzione oppure arrivare dalla memoria dei dati.

Il risultato si può depositare nella memoria dei dati o sul registro W. Nella figura possiamo vedere il percorso che seguono i dati nel microcontroller PIC.

Per quanto riguarda l'indirizzamento nella memoria di codice, il flusso di controllo è stabilito dal Contatore di Programma (PC). Nella maggioranza delle istruzioni il PC si incrementa automaticamente per puntare all'istruzione successiva del programma.

Nelle istruzioni di salto, quando sono di tipo diretto, il valore che si carica sul PC provie-

Percorso dei dati nei microcontroller PIC.

Il PIC16F870 che funziona a 4 MHz esegue un programma di 2.000 istruzioni delle quali il 10% sono di salto. Quanto tempo impiega?

Dato che le istruzioni impiegano un ciclo di 4 istruzioni per essere eseguite (4 cicli di clock), eccetto quelle di salto che ne impiegano 2:

$$T_{OSC} = \frac{1}{f} = \frac{1}{4 \cdot 10^6} = 250 \text{ ns}$$

$$T_{ciclo\ istruzione} = 4 \cdot T_{OSC} = 1 \mu s$$

Il 10% di 2.000 è 200, quindi 1.800 istruzioni verranno eseguite in 1 µs e le rimanenti 200 in 2 µs.

$$T_{TOTALE} = 1800 \cdot 1 + 200 \cdot 2 = 2200 \ \mu s = 2{,}2 \text{ ms}$$

Esempio di calcolo del tempo di esecuzione di un programma.

Classificazione delle istruzioni
- Istruzioni di trasferimento
- Istruzioni aritmetiche
- Istruzioni logiche
- Istruzioni di impostazione a zero
- Istruzioni di salto
- Istruzioni per la gestione dei bit
- Istruzioni speciali

Classificazione delle istruzioni secondo la funzione che realizzano.

ne da una parte dei bit del codice OP dell'istruzione stessa. Nei salti relativi, la ALU somma al valore attuale del PC quello del salto, scrivendo il risultato sul PC.

Classificazione delle istruzioni

Le istruzioni si possono raggruppare o classificare in base a diversi fattori. Delle 35 istruzioni che formano il repertorio del PIC è possibile fare una classificazione associandole in modo da discriminare quelle che operano con i bit da quelle che operano con i byte, in base alla funzione che svolgono, o semplicemente mettendole in ordine alfabetico.

Nel nostro caso analizzeremo le istruzioni in modo raggruppato, tenendo presente la funzione che realizzano. Potremo quindi trovare

MNEMONICO E OPERANDI	DESCRIZIONE	CICLI	CODICE OP	FLAG
MOVF f,d	Muove il contenuto del registro f verso una destinazione. Se d=0 la destinazione è W.	1	00 1000 dfff ffff	Z
MOVWF f	Muove il contenuto di W al registro f.	1	00 0000 1fff ffff	---
SWAPF f,d	Si scambiano i quattro bit meno significativi con i più significativi del registro f e si scrive il risultato nella destinazione (W se d=0).	1	00 1110 dfff ffff	---
MOVLW k	Muove il valore letterale k al registro W.	1	11 00xx kkkk kkkk	---

Istruzioni di trasferimeno

gruppi di istruzioni mostrati nella figura della pagina precedente.

Istruzioni di trasferimento

È il gruppo di istruzioni più utilizzato e il suo compito principale è quello di trasferire informazioni da e verso i registri dell'area dei dati. In tutti i programmi avremo a che fare con istruzioni di questo tipo quando dovremo trasferire delle informazioni. Anche quando vorremo configurare qualche risorsa interna del nostro PIC o lavorare internamente con i dati, dovremo far ricorso a queste istruzioni. Nella tabella della pagina precedente possiamo vedere le quattro istruzioni che fanno parte del gruppo di istruzioni di trasferimento.

```
Programma che configura le
quattro linee più significative della porta C come ingresso
e le quattro meno significative come uscita.
            MOVLW       b'11110000'
            MOVWF       TRISC
Cambiare le linee della porta C, gli ingressi con le uscite e
viceversa.
            SWAPF       TRISC,1
```

Esempio di utilizzo delle istruzioni di trasferimento.

MOVF f,d: (Move f) Il contenuto del registro 'f' viene trasferito alla destinazione in funzione del valore di 'd'. Se d = 0 la destinazione sarà il registro di lavoro W e se d = 1 la destinazione sarà lo stesso registro 'f'. Quest'ultima opzione si utilizza solamente per testare o verificare il valore del registro. Il flag Z del registro STATUS può essere attivato da questa istruzione.

MOVWF f: (Move W to f) Il contenuto del registro di lavoro W è trasferito sul registro indicato dall'operando dell'istruzione.

SWAPF f,d: (Swap Nibbles in f) Questa istruzione scambia i nibbles (insieme di quattro bit) del registro 'f'. Vengono scambiati di posizione i quattro bit più significativi con i quattro bit meno significativi. Se d = 0 il risultato verrà lasciato sul registro di lavoro W, invece se d = 1 il risultato verrà scritto sullo stesso registro 'f'.

MOVLW k: (Move Literal to W) Il valore let-

MNEMONICO E OPERANDI		DESCRIZIONE	CICLI	CODICE OP	FLAG
ADDLW	k	Somma a W il valore del letterale k e lascia il risultato in W	1	11 111x kkkk kkkk	C, DC, Z
ADDWF	f,d	Somma il contenuto di W al registro f. Se d = 0 il risultato si lascia su W	1	00 0111 dfff ffff	C, DC, Z
SUBLW	k	Sottrae al valore letterale k il valore contenuto nel registro W, lasciando il risultato in W	1	11 110x kkkk kkkk	C, DC, Z
SUBWF	f,d	Sottrae il valore del registro f al valore di W e lascia il risultato dove indica d	1	00 0010 dfff ffff	C, DC, Z
INCF	f,d	Incrementa f		00 1010 dfff ffff	Z
DECF	f,d	Decrementa f	1	00 0011 dfff ffff	Z
COMF	f,d	Complemento di f	1	00 1001 dfff ffff	Z
RLF	f,d	Ruota il registro f a sinistra tramite il carry (C)	1	00 1101 dfff ffff	C
RRF	f,d	Ruota il registro f a destra tramite il carry (C)	1	00 1100 dfff ffff	C

Istruzioni aritmetiche.

Calcolare il valore con il quale rimane caricato il registro W dopo aver eseguito il seguente programma:

MOVLW	F0h
INCF	W,0
ADDLW	0Ah
RRF	W,0
SOLUZIONE:	W = 0111 1101

Esempio 1 di utilizzo delle istruzioni aritmetiche.

terale 'k' da otto bit si trasferisce sul registro di lavoro W.

Nell'esempio alla pagina precedente possiamo vedere come si utilizzano queste istruzioni. Vi consigliamo di rivedere gli esempi eseguiti finora e analizzare ognuna delle istruzioni di trasferimento utilizzate.

Istruzioni aritmetiche

Le istruzioni di questo gruppo realizzano diverse operazioni aritmetiche tramite la ALU: somma, sottrazioni, complementi, incrementi, decrementi e rotazioni. In assembler non c'è nessuna istruzione né operando che ci permetta direttamente altre istruzioni tipiche come quelle della moltiplicazione o della divisione.

Le operazioni aritmetiche sono eseguite dalla ALU (Unità Logico Aritmetica) prendendo un dato dal registro di lavoro W e un altro dal registro della memoria RAM o da un valore letterale.

Se vogliamo sommare il dato di un registro con quello di un altro registro dobbiamo prima spostare il contenuto di uno dei due registri sul registro di lavoro e successivamente aggiungere il valore dell'altro registro. Lo stesso succede quando vogliamo scrivere il risultato in un registro che non è coinvolto nell'operazione. Dobbiamo passare il risultato del registro di lavoro al registro desiderato.

Calcolare il valore che contiene il registro W dopo aver eseguito il seguente programma:

MOVLW	B7h
SWAPF	W,0
DECF	W,0
SUBLW	FEh
SOLUZIONE:	W = 1000 01

Esempio 2 di utilizzo delle istruzioni aritmetiche.

ADDLW k: (Add Literal and W) Somma i valori del registro W e del letterale specificato. Il risultato si memorizza sul registro di lavoro W.

ADDWF f,d: (Add W and f) Somma il contenuto del registro di lavoro e il contenuto del registro 'f'. Se d = 0 il risultato si scriverà su W e se d = 1 si scriverà sullo stesso registro f.

SUBLW k: (Subtract W from Literal) Sottrae al valore letterale il valore contenuto nel registro W. Il risultato si scrive su W.

SUBLW f,d: (Subtract W from f) Sottrae al valore contenuto sul registro f il valore contenuto in W. Come per la somma, il risultato si scriverà in base al valore di 'd'.

Queste quattro istruzioni possono modificare il valore del registro di stato STATUS. Il bit Z passerà a 1 quando il risultato dell'operazione sarà uguale a 0. Il bit C (Carry o riporto) passerà a 1 nelle operazioni di somma, sempre che ci sia un riporto, restando a 0 quando il risultato è contenuto su un registro da 8 bit. Nelle operazioni di sottrazione, se sottraiamo A-B e A è maggiore di B, non ci sarà riporto, quindi il bit C passerà a 1, se A è minore di B, ci sarà riporto e il bit C passerà a 0 (al contrario della somma). Il bit DC funziona come C però per i numeri BCD.

Conclusioni

Continuiamo l'analisi del repertorio delle istruzioni, terminando di vedere le istruzioni aritmetiche e facendo pratica con i diversi esempi prima di passare a studiare il resto delle istruzioni. Vi consigliamo di esercitarvi con esempi simili a quelli presentati in precedenza, oltre che osservare i programmi contenuti nel CD e quelli realizzati finora, per comprendere meglio l'utilizzo e il significato delle istruzioni.